

**Title:**

Aluminium alloy - contains silicon, and either magnesium , copper or nickel with titanium , zirconium and vanadium to increase hot creep resistance

**Patent Assignee :**

PECHINEY ALUMINIUM

**Inventor(s):**

ALAIN DELACOUR; GERARD LASLAZ; MICHEL GARAT

**Patent Number(s):**

FR2690927 A1 19931112 B1 19950616

**Priority Details:**

1992FR-0005760 19920506

**Abstract:**

(FR2690927) Casting alloy based on Al contains in wt.% 4-23 Si; at least one from 0.1-1 Mg; 0.3-4.5 Cu and 0.2-3 Ni; Plus 0-1.0.2 Ti; 0.1-0.2 Zr and 0.2-0.4 V.  
Pref. the alloy belong to the group consisting of AA356, AA319, AA413; AA392 according to the names of the Aluminium Association.  
USE/ADVANTAGE - Making cylinder heads and cylinders. The addition of Ti, Zr and V increases the hot creep resistance of the alloy without harming its ductility.

**(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE**  
**INSTITUT NATIONAL**  
**DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
**PARIS**

**(11) N° de publication :** **2 690 927**  
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)  
**(21) N° d'enregistrement national :** **92 05760**  
**(51) Int Cl<sup>3</sup> :** C 22 C 21/02

**(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1**

<p><b>(22) Date de dépôt :</b> 06.05.92.</p> <p><b>(30) Priorité :</b></p> <p><b>(43) Date de la mise à disposition du public de la demande :</b> 12.11.93 Bulletin 93/45.</p> <p><b>(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche :</b> <i>Se reporter à la fin du présent fascicule.</i></p> <p><b>(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :</b></p>	<p><b>(71) Demandeur(s) :</b> ALUMINIUM PECHINEY — FR.</p> <p><b>(72) Inventeur(s) :</b> Delacour Alain, Laslaz Gérard et Garat Michel.</p> <p><b>(73) Titulaire(s) :</b></p> <p><b>(74) Mandataire :</b> Pechiney Vanlaer Marcel.</p>
--	--

**(54) Alliages de moulage à base d'aluminium ayant une bonne résistance au fluage à chaud.**

**(57) L'invention est relative à des alliages de moulage à base d'aluminium ayant une bonne résistance au fluage à chaud et une bonne ductilité.**

Ces alliages contiennent du silicium et au moins un élément appartenant au groupe formé par le magnésium, le cuivre et le nickel et sont caractérisés par la présence en poids de 0,1 à 0,2% de titane, 0,1 à 0,2% de zirconium et 0,2 à 0,4% de vanadium.

Ces alliages trouvent leur application dans la fabrication de pièces de moteurs d'automobile telles que notamment les culasses et les pistons.

**FR 2 690 927 - A1**



ALLIAGES DE MOULAGE A BASE D'ALUMINIUM  
AYANT UNE BONNE RESISTANCE AU FLUAGE A CHAUD

5

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION.-

La présente invention est relative à des alliages d'aluminium aptes au moulage présentant une bonne résistance  
10 au fluage à chaud, une bonne ductilité et destinés plus particulièrement à la confection de pièces de moteurs d'automobile telles que, par exemple, les pistons et les culasses.

15 Il est connu que pour ce type d'application, l'emploi d'alliages de moulage à base d'aluminium et de silicium présente, outre l'avantage d'un faible poids des pièces, l'intérêt d'une bonne aptitude au moulage ceci étant important pour la réalisation de culasses ou de pistons de  
20 forme souvent complexe.

La bonne conductivité thermique constitue par ailleurs une autre raison du fort développement de ces alliages en raison des propriétés de bon échange thermique que doivent  
25 présenter les dites pièces.

A l'heure actuelle, les alliages les plus utilisés sont pour les culasses, l'A-S7G03 ou l'A-S5U3G et pour les pistons, l'A-S12UN ou l'A-S18UNG, ces références correspondant  
30 suivant les normes de l'Aluminum Association respectivement aux désignations suivantes : AA356, AA319, AA413 et AA392.

Mais, du fait de l'augmentation de puissance des moteurs et, notamment, dans le cas des turbo diesels, ces pièces sont de  
35 plus en plus sollicitées thermomécaniquement, ce qui pose le problème du fluage ( enfoncement en service des zones

d'appui des sièges de soupapes ) et de fatigue thermique ( fissuration du pontet intersoupapes des culasses et des têtes de pistons ) problèmes auxquels les alliages traditionnels cités plus haut ne peuvent plus répondre.

5

Compte tenu de la nécessité de conserver de bonnes propriétés de moulage, de bonnes caractéristiques mécaniques à température ambiante et d'éviter un surcoût, des solutions ont été recherchées à ces problèmes telles que l'ajout à des teneurs inférieures à 1% d'éléments susceptibles d'améliorer les propriétés à chaud des alliages traditionnels pour accroître leurs performances en service.

10

#### ETAT DE LA TECHNIQUE.-

15

Une des solutions enseignées par l'art antérieur pour améliorer la résistance au fluage à chaud de ces alliages consiste à ajouter du titane.

On peut citer, par exemple :

20

-la demande de brevet japonais publiée en 1981 sous le numéro 56-9351 qui décrit un alliage d'aluminium de moulage résistant à chaud contenant en poids 10,5-11,5% de silicium, 3,0-4,0% de cuivre, 1,0-2,5% de magnésium auquel on a ajouté 0,25-0,40% de titane, le dit alliage étant destiné à la fabrication de pistons de moteurs d'automobiles.

25

-la demande de brevet japonais publiée en 1982 sous le numéro 57-9426 qui décrit, pour la fabrication de pistons, un alliage d'aluminium contenant en poids 4-14% de silicium, 1-5% de cuivre, 0,2-0,8% de magnésium et pouvant contenir également 0,5-2,5% de nickel ou 0,5-2,0% de manganèse ou 0,05-0,2% de titane.

30

Il faut noter que l'utilisation de titane pour l'affinage de l'aluminium primaire dans les aluminium-silicium hypoeutectiques ( Si < 13% ) est connu depuis longtemps.

35

Une autre solution consiste en un ajout de zirconium. Ainsi,

5        -la demande de brevet japonais publiée en 1979 sous le  
numéro 54-89913 qui décrit un alliage d'aluminium possédant  
une résistance améliorée à chaud et de bonnes propriétés de  
coulabilité contenant en poids 1,5-5% de silicium, 0,8-2% de  
cuivre, 0,3-1,5% de manganèse, 0,3-3,5% de magnésium, 0,01-  
0,3% de fer et auquel on ajoute soit du titane soit du  
zirconium en quantité comprise entre 0,01 et 0,3%.

10

Une troisième solution est relative à l'ajout de vanadium.  
A ce sujet, on peut lire la demande japonaise publiée en  
1983 sous le numéro 83-100654 qui enseigne l'utilisation  
pour la fabrication de pièces de moteurs d'automobiles, un  
15 alliage d'aluminium contenant 8-13% de silicium, 2,0-5% de  
cuivre, 0,2-0,8% de magnésium auquel on a ajouté pour  
améliorer sa résistance à chaud 0,05-0,5% de vanadium.

#### PROBLEME POSE.-

20

Au cours des essais menés pour vérifier l'influence de  
l'ajout de titane, de zirconium ou de vanadium, on a  
constaté que :

25        -aucun de ces ajouts ne permettait d'obtenir un gain de  
résistance au fluage excédant 15% à 300°C.

-l'emploi de ces ajouts au delà d'une concentration  
critique provoque l'apparition de phases intermétalliques  
30 grossières inefficaces pour l'amélioration de la résistance  
au fluage et très nuisibles pour la ductilité de l'alliage  
et pour le comportement à la fissuration en service.

Ces teneurs critiques sont de l'ordre de 0,20% pour le  
titane, 0,20% pour le zirconium et 0,40% pour le vanadium.

35

## EXPOSE DE L'INVENTION.-

C'est dans le but d'augmenter davantage cette résistance au fluage à chaud sans nuire à la ductilité et au comportement à la fissuration que la demanderesse a mis au point des alliages de moulage à base d'aluminium contenant du silicium en quantité comprise entre 4 et 23% en poids et au moins un élément choisi parmi le magnésium à une teneur comprise entre 0,1-1% en poids, le cuivre entre 0,3 et 4,5% et le nickel entre 0,2 et 3% ainsi que les impuretés habituelles caractérisés en ce que dans le but d'améliorer leur résistance au fluage à chaud sans nuire à leur ductilité, les dits alliages contiennent également en poids 0,1 à 0,2% de titane, 0,1 à 0,2% de zirconium et 0,2 à 0,4% de vanadium.

Ainsi, l'invention consiste en l'ajout simultané de trois éléments dans des proportions bien définies. En effet, en deçà des valeurs minima des fourchettes indiquées, l'amélioration existe mais demeure insuffisante ; par contre, au delà des valeurs maxima indiquées, on ne constate plus d'améliorations sensibles de la résistance au fluage mais, au contraire une diminution de la ductilité de l'alliage due à l'apparition de phases grossières consécutives à la formation de précipités de composés intermétalliques grossiers.

On note également que cette amélioration croît en fonction de la teneur de chacun des trois éléments.

L'invention réside sur la constatation surprenante suivante : compte-tenu du fait que les éléments titane, zirconium et vanadium sont des éléments aux propriétés physicochimiques voisines, l'homme de l'art aurait pu s'attendre à ne pas obtenir un gain substantiel des propriétés à chaud par addition simultanée de ces trois éléments par rapport à

celles accessibles par addition d'un seul de ces trois éléments ; l'idée implicitement admise a priori étant que chacun des éléments peut se substituer à l'autre, comme cela découle d'ailleurs de la demande japonaise 54-89913 citée plus haut et où on substitue le zirconium au titane.

Or, on a constaté que l'ajout simultané des trois éléments à des teneurs supérieures à celles précisées ci-dessus permet d'obtenir toutes choses égales par ailleurs, une performance en fluage bien supérieure à celles des alliages ne contenant qu'un seul ou deux des trois éléments et ceci sans perte notable de ductilité.

De préférence, les alliages d'aluminium utilisés dans l'invention sont choisis parmi les alliages du type AA356, AA319, AA413 et AA392 suivant les normes de l'Aluminum Association.

#### EXEMPLES D'APPLICATION.-

20

Dans les exemples donnés ci-dessous, la résistance au fluage indiquée est celle mesurée après 100 heures de maintien à 300°C sans contrainte et correspond à la contrainte conduisant à une déformation de 0,1% ( fluage par traction ) après 100 heures d'essai.

La ductilité indiquée est chiffrée par un essai de traction à 250°C et correspond à l'allongement à la rupture en %.

#### Exemple 1.-

30

Un alliage de moulage à base d'aluminium du type A-S5U3G contenant moins de 100 ppm en poids de chacun des éléments titane, zirconium et vanadium et traité thermiquement à l'état T6 suivant les normes de l'Aluminum Association a été maintenu pendant 100 heures à 300°C. La mesure de la résistance au fluage a donné une valeur de 24 MPa et

l'allongement était de 24,0%.

Exemple 2.-

- 5 A un alliage ayant la composition de celui de l'exemple 1, on a ajouté 0,13% en poids de titane et on l'a traité thermiquement de la même manière que le précédent. La mesure de la résistance au fluage a donné une valeur de 27 MPa soit une augmentation de 12,5% et l'allongement était de 19,5%  
10 correspondant à une diminution relativement faible de la valeur obtenue sans ajout.

Exemple 3.-

- 15 A un alliage ayant la composition de celui de l'exemple 2, on a ajouté 0,15% en poids de zirconium et on l'a traité dans les mêmes conditions que l'exemple précédent. On a noté une valeur de résistance au fluage de 29,7 MPa soit une nouvelle augmentation de 10% et l'allongement était de 19%,0  
20 valeur comparable à celui de l'exemple précédent. Aucune présence de phases grossières n'a été constaté.

Exemple 4.-

- 25 A un alliage ayant la composition de celui de l'exemple 3, on a ajouté 0,3% de vanadium et on l'a traité dans les mêmes conditions que les précédents. La valeur de la résistance au fluage est alors 31,8 MPa soit une nouvelle augmentation de 7% sans qu'on observe l'apparition de phases grossières,  
30 l'allongement se maintenant à 19%.

Au total, le gain en résistance au fluage à chaud est de 32% et la diminution d'allongement est comparable à celle de l'ajout de 0,13% de titane seul ou de 0,15% de zirconium  
35 seul ou de 0,3% de vanadium seul.



Des résultats similaires ont été obtenus avec des alliages du type A-S5U3 traités thermiquement pendant 10 heures à 515°C.

- 5 L'invention trouve son application dans la confection de culasses et de pistons de moteurs d'automobiles.

10

15

20

25

30

35

## REVENDICATIONS.

5 1.-Alliages de moulage à base d'aluminium contenant du  
silicium en quantité comprise entre 4 et 23% en poids et au  
moins un élément choisi parmi le magnésium à une teneur  
comprise entre 0,1-1% en poids, le cuivre entre 0,3 et 4,5%  
et le nickel entre 0,2 et 3% ainsi que les impuretés  
10 habituelles caractérisés en ce que dans le but d'améliorer  
leur résistance au fluage à chaud sans nuire à leur  
ductilité, les dits alliages contiennent également en poids  
0,1 à 0,2% de titane, 0,1 à 0,2% de zirconium et 0,2 à 0,4%  
de vanadium.

15

2.-Alliages selon la revendication 1, caractérisés en ce  
qu'ils appartiennent au groupe constitué par les AA356,  
AA319, AA413 et AA392 suivant les normes de l'Aluminum  
Association.

20

25

30

35

**INSTITUT NATIONAL**  
**de la**  
**PROPRIETE INDUSTRIELLE**

## RAPPORT DE RECHERCHE

**établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche**

FR 9205760  
FA 472079  
Page 1

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	DE-A-2 529 439 (KARL SCHMIDT GMBH) * page 2, alinéa 1; revendication 1; exemples 1,2 *	1
A	DE-A-2 529 062 (KARL SCHMIDT GMBH) * page 2, alinéa 2; revendication 1 *	1
A	FR-A-2 210 669 (KARL SCHMIDT GMBH) * page 2, alinéa 2; revendication 1 *	1
A	EP-A-0 366 134 (TOYO ALUMINIUM KABUSHIKI KAISHA) * page 3, alinéa 2; revendication 1; tableau 1 *	1
A	Section Ch, 1988 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M22, AN 88-089558 & JP-A-63 042 344 ((HOND) HONDA MOTOR IND KK) 23 Février 1988 * abrégé *	1
D,A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 5, no. 58 (C-051)21 Avril 1981 & JP-A-56 009 351 ( HONDA KINZOKU GIJUTSU KK ) 30 Janvier 1981 * abrégé *	1
A	CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 98, no. 16 Columbus, Ohio, US; abstract no. 130770, HOLECEK, STANISLAV ET AL. 'Mechanical properties and thermal fatigue of aluminum-silicon-copper (AlSiCu) piston alloys' * abrégé * & ALUMINIUM (DUESSELDORF), 58(10), 597-9 1982,	1
-/--		
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		C22C
Date d'achèvement de la recherche 07 JANVIER 1993		Examinateur GREGG N.R.

EPO FORM 1500 0212 (P0413)

### CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul  
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie  
A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général  
O : divulgation non-écrite  
P : document intercalaire

**T :** théorie ou principe à la base de l'invention  
**E :** document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.  
**D :** cité dans la demande  
**L :** cité pour d'autres raisons

\_\_\_\_\_

**& :** membre de la même famille, document correspondant

REPUBLIQUE FRANÇAISE

2690927

N° d'enregistrement  
national

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FR 9205760  
FA 472079  
Page 2

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 91, no. 18 Columbus, Ohio, US; abstract no. 144547, KOMIYAMA, YOSHIRO ET AL. 'High temperature properties of new nickel-free aluminum casting alloy for pistons' * abrégé * & KEIKINZOKU, 28(8), 383-7 1978, ---	1
A	W. HUFNAGEL 'ALUMINIUM-SCHLUESSEL' 1983 , ALUMINIUM VERLAG , DUESSELDORF, DE * page 85 - page 92 * -----	1,2
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
Date d'achèvement de la recherche 07 JANVIER 1993		Examinateur GREGG N.R.
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ----- &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 150 (01/82) (P0113)